

## 公開特許・実用（抄録A）

第P2000-156317号

【名称】 磁気記録再生装置

審査／評価者請求 有 請求項／発明の数 10（公報 18頁、抄録 9頁）

公開日 平成12年(2000) 6月 6日

出願／権利者 株式会社日立製作所（東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地）  
 発明／考案者 星屋 裕之（他 7名）※  
 出願番号 特願平11-341688 平成 5年(1993) 2月 5日  
 優先権主張番号 特願平4-92562 1992年 4月13日 日本（J P）  
 代理人 作田 康夫

Int. Cl. 7 識別記号

H01F 10/06

G11B 5/39

H01F 10/32

H01L 43/08

FI

H01F 10/06

G11B 5/39

H01F 10/32

H01L 43/08

※最終頁に続く

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気記録再生装置に係り、特に、高い記録密度を有する磁気記録再生装置に関するものである。

【(57) 【要約】】

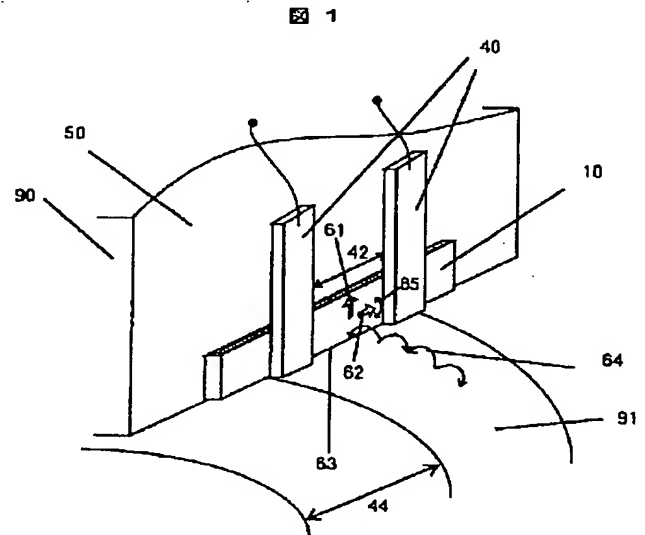
【課題】記録密度の高い磁気記録装置を提供する。

【解決手段】信号を磁気的に記憶する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体から漏洩する磁界を検出する磁気抵抗効果素子を有する薄膜磁気ヘッドとを有し、前記薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子は2対の磁性膜の間にそれぞれ非磁性導電膜を挟んだ多層膜であり、前記多層膜は、外部磁界に感応してその磁化が回転する磁性膜と、該磁性膜に対して対称に配置され、その磁化方向が外部磁界に対して固定された一対の磁性膜を有する磁気記録再生装置。

【特許請求の範囲】

【請求項1】磁気抵抗効果膜を有する薄膜磁気ヘッドにおいて、前記磁気抵抗効果膜は、第1の反強磁性膜と、該第1の反強磁性膜により磁化方向が固定された第1の磁性膜と、第2の反強磁性膜と、該第2の反強磁性膜により磁化方向が固定された第2の磁性膜と、外部磁界に感応してその磁化が回転する第3の磁性膜と、第1の磁性膜と第3の磁性膜との間に形成された第1の非磁性導電膜と、第2の磁性膜と第3の磁性膜との間に形成された第2の非磁性導電膜とを有し、前記第3の磁性膜は前記第1の非磁性導電膜と第2の非磁性導電膜との間に形成され、前記第1の磁性膜は前記第1の反強磁性膜と第1の非磁性導電膜との間に形成され、前記第2の磁性膜は前記第2の反強磁性膜と第2の非磁性導電膜との間に形成された薄膜磁気ヘッドを有する磁気記録再生装置。

【請求項2】外部磁界を検出する磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜へ電流を印加する電極とを有し、前記磁気抵抗効果膜は、第1の反強磁性膜と、該第1の反強磁性膜により磁化方向が固定された第1の磁性膜と、第2の反強磁性膜と、該第2の反強磁性膜により磁化方向が固定された第2の磁性膜と、外部磁界に感応してその磁化が回転する第3の磁性膜と、第1の磁性膜と第3の磁性膜との間に形成された第1の非磁性導電膜と、第2の磁性膜と第3の磁性膜との間に形成された第2の非磁性導電膜とを有し、前記第3の磁性膜は前記第1の非磁性導電膜と第2の非磁性導電膜との間に形成され、前記第1の磁性膜は前記第1の反強磁性膜と第1の非磁性導電膜との間に形成され、前記第2の磁性膜は前記第2の反強磁性膜と第2の非磁性導電膜との間に形成された薄膜磁気ヘッドを有する磁気記録再生装置。



電膜と第2の非磁性導電膜との間に形成され、前記第1の磁性膜は前記第1の反強磁性膜と第1の非磁性導電膜との間に形成され、前記第2の磁性膜は前記第2の反強磁性膜と第2の非磁性導電膜との間に形成され、前記磁気抵抗効果膜の電気抵抗は、前記第1の磁性膜の磁化方向と前記第3の磁性膜の磁化方向とのなす角度及び前記第2の磁性膜の磁化方向と前記第3の磁性膜の磁化方向とのなす角度によって変化する薄膜磁気ヘッドを有する磁気記録再生装置。

【請求項3】磁気抵抗効果膜を有する薄膜磁気ヘッドにおいて、前記磁気抵抗効果膜は、第1の反強磁性膜と、該第1の反強磁性膜により磁化方向が固定された第1の磁性膜と、第2の反強磁性膜と、該第2の反強磁性膜により磁化方向が固定された第2の磁性膜と、外部磁界に感応してその磁化が回転する第3の磁性膜と、第1の磁性膜と第3の磁性膜との間に形成された第1の非磁性導電膜と、第2の磁性膜と第3の磁性膜との間に形成された第2の非磁性導電膜とを有し、前記第3の磁性膜は前記第1の非磁性導電膜と第2の非磁性導電膜との間に形成され、前記第1の磁性膜は前記第1の反強磁性膜と第1の非磁性導電膜との間に形成され、前記第2の磁性膜は前記第2の反強磁性膜と第2の非磁性導電膜との間に形成された薄膜磁気ヘッドを有する磁気記録再生装置。

間に形成され、前記第2の磁性膜は前記第2の反強磁性膜と第2の非磁性膜との間に形成された薄膜磁気ヘッドを有する磁気記録再生装置。

【請求項4】外部磁界を検出する磁気抵抗効果膜と該磁気抵抗効果膜へ電流を印加する電極とを有し、前記磁気抵抗効果膜は、第1の反強磁性膜と、該第1の反強磁性膜により磁化方向が固定された第1の磁性膜と、第2の反強磁性膜と、該第2の反強磁性膜により磁化方向が固定された第2の磁性膜と、外部磁界に感応してその磁化が回転する第3の磁性膜と、第1の磁性膜と第3の磁性膜との間に形成された第1の非磁性膜と、第2の磁性膜と第3の磁性膜との間に形成された第2の非磁性膜とを有し、前記第3の磁性膜は前記第1の非磁性膜と第2の非磁性膜との間に形成され、前記第1の磁性膜は前記第1の反強磁性膜と第1の非磁性膜との間に形成され、前記第2の磁性膜は前記第2の反強磁性膜と第2の非磁性膜との間に形成され、前記磁気抵抗効果膜の電気抵抗は前記第1の磁性膜の磁化方向と前記第3の磁性膜の磁化方向とのなす角度及び前記第2の磁性膜の磁化方向と前記第3の磁性膜の磁化方向とのなす角度によって変化する薄膜磁気ヘッドを有する磁気記録再生装置。

【請求項5】前記非磁性導電膜はCuを含むことを特徴とする請求項1または2記載の磁気記録再生装置。

【請求項6】前記第3の磁性膜は積層膜であることを特徴とする請求項1乃至5記載の磁気記録再生装置。

【請求項7】前記第3の磁性膜はCoを含む膜と、NiFeを含む膜と、Coを含む膜とを順次積層した積層膜であることを特徴とする請求項6記載の磁気記録再生装置。

【請求項8】信号を磁気的に記憶する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体から漏洩する磁界を検出する磁気抵抗効果素子を有する薄膜磁気ヘッドとを有し、前記薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子は2対の磁性膜の間にそれぞれ非磁性導電膜を挟んだ多層膜であり、前記多層膜は、外部磁界に感応してその磁化が回転する磁性膜と、該磁性膜に対して対称に配置され、その磁化方向が外部磁界に対して固定された一対の磁性膜を有し、前記非磁性導電膜の厚さ $t$  (Å)が、前記磁気抵抗効果素子の電気抵抗率 $\rho$  ( $\mu\Omega\text{cm}$ )に対して、 $t \times \rho < 100$ であることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項9】信号を磁気的に記憶する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体から漏洩する磁界を検出する磁気抵抗効果素子を有する薄膜磁気ヘッドとを有し、前記薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子は2対の磁性膜の間にそれぞれ非磁性導電膜を挟んだ多層膜であり、前記多層膜は、外部磁界に感応してその磁化が回転する磁性膜と、該磁性膜に対して対称に配置され、その磁化方向が外部磁界に対して固定された一対の磁性膜を有し、前記磁気抵抗効果素子は、前記磁気記録媒体から漏洩する $\pm 100\text{e}$ の磁界に対して4.0～8.5%の抵抗変化率を有することを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項10】信号を磁気的に記憶する磁気記録媒体と、該磁気記録媒体から漏洩する磁界を検出する磁気抵抗効果素子を有する薄膜磁気ヘッドとを有し、前記薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子は2対の磁性膜の間にそれぞれ非磁性導電膜を挟んだ多層膜であり、前記多層膜は、外部磁界に感応してその磁化が回転する磁性膜と、該磁性膜に対して対称に配置され、その磁化方向が外部磁界に対して固定された一対の磁性膜を有し、前記磁気抵抗効果素子は、前記磁気記録媒体から漏洩する $\pm 80\text{e}$

の磁界に対して5.0～9.5%の抵抗変化率を有することを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の実施の形態】本発明の具体的な実施例を図を追って説明する。図1は本発明の磁気抵抗効果素子を用いた磁気記録再生装置の概念図である。ヘッドスライダー90を兼ねる基体50上に磁気抵抗効果膜10および電極40を形成し、これを記録媒体91上に位置決めして再生を行う。記録媒体91は回転し、ヘッドスライダー90は記録媒体91の上を、 $0.2\mu\text{m}$ 以下の高さ、あるいは接触状態で対向して相対運動する。この機構により、磁気抵抗効果膜10は記録媒体91に記録された磁気的信号を、その漏れ磁界から読み取ることで位置に設定されるのである。磁気抵抗効果膜10は複数の磁性膜と非磁性導電膜を交互に積層した膜とバイアス膜、特に反強磁性膜、からなる。本発明の特徴はこの積層膜の一部の磁性膜、望ましくは積層した磁性膜のうち一層おきの膜、に、記録媒体に対向する面63に対して垂直な矢印61の方向に強い異方性を誘導し、その磁化を、この方向におおよそ固定することにある。また磁性膜の他の膜は、磁気抵抗効果膜の膜面内で矢印61と垂直な方向、つまり矢印62の方向に比較的弱く異方性を印加して、その磁化をこの方向に誘導する。このような構成により、記録媒体上に磁気的に記録された信号は、媒体上に漏れ磁界64として磁気抵抗効果膜10に達し、その成分、特に磁気抵抗効果膜の膜面内の成分に従って矢印62の方向から矢印65のように磁化が回転し、非磁性導電膜を介して隣あった二つの磁性膜の互いの磁化の方向のなす角度が変化して磁気抵抗効果が生じ、再生出力を得る。磁気抵抗効果素子の信号を感知する部分は、磁気抵抗効果膜10の電流の流れる部分、即ち図1で電極40で挟まれる部分であるが、この部分の記録媒体91表面に平行な方向の幅42は記録トラックの幅44より狭く、特にその比が0.8以下になして互いの位置のずれによる隣接するトラックの混信を防止する。

図2は本発明の磁気記録再生装置の構成図である。記録媒体95を両面に有する記録媒体91をスピンドルモーター93にて回転させ、アクチュエーター92によってヘッドスライダー90を記録媒体95のトラック上に誘導する。ただし記録媒体91は必ずしもディスク両面に磁性膜を有する必要はない。磁性膜がディスク片面のみの場合ヘッドスライダー90は記録媒体の片面にのみ配置する。

即ち磁気ディスク装置においてはヘッドスライダー90上に形成した再生ヘッド、及び記録ヘッドがこの機構に依って記録媒体95上の所定の記録位置に近接して相対運動し、信号を順次書き込み、及び読み取るのである。記録信号は信号処理系94を通じて記録ヘッドにて媒体上に記録し、再生ヘッドの出力を信号処理系94を経て信号として得る。さらに再生ヘッドを所望の記録トラック上へ移動せしめるに際して、本再生ヘッドからの高感度な出力を用いてトラック上の位置を検出し、アクチュエーターを制御して、ヘッドスライダーの位置決めを行うことができる。

図3は上記素子に加えて記録用ヘッドを形成した、記録再生分離型ヘッドの概念図である。記録再生分離型ヘッドは、本発明の素子を用いた再生ヘッドと、インダクティブ型の記録ヘッド、及び、漏れ磁界による再生ヘッドの混乱を防止するためのシールド部からなる。ここでは水平磁気記録用の記録ヘッドとの搭載を示したが、本発明の磁気抵抗効果素子を垂直磁気記録用のヘッドと組合

わせ、垂直記録に用いても良い。ヘッドは、基体50上に下部シールド膜82、磁気抵抗効果膜10及び電極40、上部シールド膜81からなる再生ヘッドと、下部磁性膜84、コイル41、上部磁性膜84から成る記録ヘッドとを形成してなる。このヘッドによって、記録媒体上に信号を書き込み、また記録媒体から信号を読み取るのである。再生ヘッドの感知部分と、記録ヘッドの磁気ギャップはこのように同一スライダ上に重ねた位置に形成することで、同一トラックに同時に位置決めができる。このヘッドをスライダに加工し、磁気記録再生装置に搭載した。

図4は本発明の磁気抵抗効果素子の基体面上の構成を表す概念図である。磁気抵抗効果膜10は基体50上に、記録媒体に対抗する面63に沿って素子の幅43の長い短冊に形成される。この形状の規定は磁気抵抗効果膜10に感知すべき磁界のかかる方向60に対して垂直な方向に適度の形状異方性を与える効果がある。磁気抵抗効果膜10には電氣的に接触してなる電極40によって電流を通じ、記録媒体91表面に平行な方向の幅41及び垂直な方向の幅42の大きさを有する磁界感知部分にかかる磁界によって生じる抵抗変化を出力として得る。本概念図では磁気抵抗効果素子の端部が記録媒体との対抗面に露出した形状となっているが、記録媒体からの磁界を導くヨーク状軟磁性体を対抗面から配置して、内側に設置した磁気抵抗効果素子に磁氣的に結合させると素子の機械的耐久性が増す。特に、素子のMR高さを小さくすることでヨークの磁路抵抗を減少させ、感度を向上することが出来る。

本発明の磁気抵抗効果素子は例えば図5のような構成を有する。基体50上に、磁気抵抗効果膜10、すなわちバイアス膜32、磁性膜11、非磁性導電膜20、磁性膜12、非磁性導電膜層20、磁性膜層11、バイアス膜31を積層し、かつ電極40を電氣的に接合してなる。図5の素子構成は電極40がバイアス膜31の下に設置されているが、これは例えば上部バイアス膜に酸化ニッケルのような絶縁体を用いたときに有効な構造の一例となっている。

電極は他の構造、例えばバイアス膜を一部にだけ形成してその上から電極40を形成しても構わない。あるいは導電性バイアス膜、例えばFeMn、CoPt膜などを用いて直接これに密着して電極を形成する方法もある。すなわち本素子の特徴は、バイアス膜に依って強い異方性を印加した磁性膜と、前記の異方性に比べて弱い異方性を一軸異方性、形状異方性、あるいはソフト膜バイアスなどで印加した磁性膜とを、電流は通じるが互いに磁氣的な結合を生じないように非磁性導電膜を介して交互に積層したことである。特にその異方性の印加方向を以下に述べる。

図6は本発明の磁気抵抗効果素子の異方性制御の例を示す概念図で、図5においてA-A'で示した素子部分の斜視図である。バイアス膜31及び32は、図中矢印71及び72の方向に交換結合による異方性を印加する。図中矢印60は感知すべき磁界の方向、矢印61は磁性膜11に誘導した一方向異方性の方向を示す。非磁性導電膜20に挟まれた磁性膜12の容易磁化方向は図中矢印62の方向に一軸異方性の誘導によって印加する。これは磁性膜の成長中に所定の方向に磁界を印加することで達成される。本図の実施例は異方性の印加をバイアス膜と誘導磁気異方性で実現した例である。この結果矢印61と62は共に膜面で、互いに直交する。感知すべ

き磁界の大きさに比較して、磁性膜11の異方性を大きく磁性膜12の異方性を小さくすることで、磁性膜11の磁化を外部磁界に対してほぼ固定し、磁性膜12の磁化のみが外部磁界に対して大きく反応ようになる。さらに矢印60の方向にかかる感知すべき磁界に対して、磁性膜11の磁化は異方性61によって磁化と外部磁界が平行な容易軸励磁の状態に、逆に磁性膜12の異方性に依って磁化と外部磁界が垂直な困難軸励磁の状態になっている。この効果によって上記の応答をさらに顕著なものにできるとともに、外部磁界に対して磁性膜12の磁化が、矢印62の方向を起点に、回転による困難軸励磁で素子が駆動される状態が実現し、磁壁移動による励磁に伴うノイズを防止し、高周波での動作を可能にすることができる。

図7は本発明の磁気抵抗効果素子の別の実施例を示す概念図で、異方性の印加を2種類の異なるバイアス膜、つまり反強磁性膜と硬磁性膜で実現した例である。基体50上に、反強磁性膜32、磁性膜11、非磁性膜20、磁性膜12、硬磁性膜33を積層し、電極を接続してなる。反強磁性膜32、硬磁性膜33は各々が非磁性膜で分離された2層の磁性膜11、12に密着しており、感知すべき磁界の方向60に対して平行および直行した方向72および73に磁界中熱処理あるいは磁化処理をして磁性膜11、12の磁化をそれぞれ矢印61、62の方向に誘導する。反強磁性膜は例えば酸化ニッケル、硬磁性膜はコバルト白金合金などが用いられる。硬磁性膜と反強磁性膜の位置が逆か、それぞれの磁化の誘導方向が逆であっても同等の効果がある。

本発明の磁気抵抗効果素子を構成する膜は高周波マグネトロンスパッタリング装置により以下のように作製した。アルゴン3ミリトールの雰囲気中にて、厚さ1ミリ、直径3インチのセラミックス基板およびSi単結晶基板上に以下の材料を順に積層して作製した。スパッタリングターゲットとして酸化ニッケル、コバルト、ニッケル-20at%鉄合金、銅のターゲットを用いた。ニッケル-鉄中へのコバルトの添加にはニッケル-20at%鉄合金ターゲット上にコバルトのチップを配置した。またコバルト中へのニッケル、鉄の添加にはコバルトターゲット上にニッケルおよび鉄のチップを配置した。積層膜は、各ターゲットを配置したカソードに各々高周波電力を印加して装置内にプラズマを発生させておき、各カソードごとに配置されたシャッターを一つずつ開閉して順次各層を形成した。膜形成時には基板面内で直交する二対の電磁石を用いて基板に平行におよそ50エルステッドの磁界を印加して、一軸異方性をもたせるとともに、酸化ニッケル膜の交換結合バイアスの方向をそれぞれの方向に誘導した。

異方性の誘導は、基板近傍に取り付けた二対の電磁石によって、各磁性膜の形成時に誘導すべき方向に磁界を加えて行った。あるいは、多層膜形成後に反強磁性膜のネール温度近傍で磁界中熱処理を行い、反強磁性バイアスの方向を磁界の方向に誘導した。

磁気抵抗効果素子の性能の評価は膜を短冊形状にパターニングし、電極を形成して行った。この時、磁性膜の一軸異方性の方向と素子の電流方向が平行となるようにした。電気抵抗は電極端子間に一定の電流を通じ、素子の面内に電流方向に垂直な方向に磁界を印加して、素子の電気抵抗を電極端子間の電圧として測定し、磁気抵抗変化率として感知した。

図8は表1に試料No.1で表した、上下にNiO膜を有

する構成の素子の、磁界に対する抵抗変化率を表した図である。これは図6においてバイアス膜31、32にNiO膜を、磁性膜11、12にNi<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>合金薄膜を、非磁性導電膜にCu膜を用いたことに対応している。ただし磁界制御を行う前においては一軸異方性は図6の矢印62の方向に印加されていない。また図9は、同素子の低磁界での抵抗変化率を表した図である。この素子は膜形成時の磁界の制御及び熱処理を施していないが、7%の抵抗変化を示す。図8の四角形状の曲線は本発明の磁気抵抗効果素子の特徴を良く表わしている。即ち、磁界の方向に強く誘導された磁性膜の効果は曲線の左半分のループとして検出される。他の、強く誘導されていない磁性膜の効果は中央付近の急峻な抵抗変化として現れている。このため低磁界での応答も良好で、図9では-10~0エルステッドの磁界に対して6.5%の抵抗変化を示している。本発明の磁気抵抗効果素子の再生出力はこの抵抗変化率の大きさに、また感度は飽和磁界の小ささに、それぞれ対応する事から、本発明の素子出力が大きく、感度が高いことが分かる。磁性膜間に反強磁性的結合がある場合には図8の曲線は三角形形状になり、素子の磁界感度が低下する。

また、非磁性導電膜としてCuに、Ag、Auを添加したとき及びAg、Auにて多層膜を形成した試料においても同様の効果が得られた。

図9の磁気抵抗曲線は、素子内の各磁性膜の異方性を直交せしめる処理を行っていないために抵抗の変化する位置の中心が磁界ゼロから負側へ5エルステッド、シフトしている。一方、図10は上記試料を真空中で250℃、1分の熱処理をして磁性膜の異方性を直交させる処理を行った後の低磁界での抵抗変化率を表した図である。熱処理時には膜形成時の印加方向に直交した基板の面内に100エルステッドの磁界を印加した。磁界中熱処理によって、バイアスの異方性の方向が磁性膜の一軸異方性の方向と直交し、その結果、磁界ゼロに対称な±3エルステッドの磁界に対して出力を有するようになった。これは図6の磁性膜12の一軸異方性を矢印62の方向に制御した効果である。膜形成時に磁界を制御して異方性を制御した場合も同様の結果を得た。

図11は表1でNo.5で表した試料について磁界中熱処理を行って磁化を直交し、25エルステッドの回転磁界中で電気抵抗を測定した結果である。電気抵抗は角度θが0度、すなわち磁化を誘導した方向と同じときに最小になり、180度の時、最大になる。電気抵抗が最大と最小の間になるのはおよそ角度が90度の時であり、磁性膜の磁化の方向をこのように設定したときにのみ磁気抵抗効果素子として好ましい特性、すなわちゼロ磁界での抵抗が最大と最小のほぼ中間になり、正負いずれの磁界に対しても出力が得られる。極めて大きな磁界、例えば10キロエルステッドの磁界で同様な測定を行うと、本発明の再生ヘッドは回転に対して出力がほぼゼロである。これは本発明が多層膜の特有の磁気抵抗効果を応用したものであり、従来の電流と磁化の角度に依って抵抗の変化する通常の磁気抵抗効果素子とは動作が異なるのである。このように様々な磁界と角度で電気抵抗を測定することで、磁気抵抗の機構および磁化の誘導の方向とその強さを知ることができる。

図12はCu膜の厚さを変えたNiO/NiFe/Cu/NiFe膜において磁化曲線を測定し、NiFe膜間の磁氣的結合の強さを求めた結果である。磁氣的結合の強さはCuの厚さと共におよそ10Å周期で反強磁性／

強磁性間で振動している。磁界に対する感度の高い磁気抵抗効果素子を得るにはこの磁氣的結合をおよそゼロにすることが必須である。非磁性導電膜としてCuを用いた場合には、図12から明らかなように、その厚さを11Åあるいは17から22Åの範囲にすることで磁性膜間の磁氣的結合をゼロにすることができる。これによって初めて数エルステッドの弱い外部磁界に应答して電気抵抗が大きく変化する、すなわち感度の高い磁気抵抗効果素子を得ることができるのである。

図13はNiFe磁性膜にCoを添加したときの添加量と抵抗変化率の変化を表した図である。素子多層膜の構成は、表1、試料No.5と同等である。Coの添加につれて、抵抗変化率はNiFeのみのおよそ4%から5.5%まで向上した。これはNiFeに加えてCoを添加することが積層膜の磁気抵抗効果を改善することを示している。

膜の構成を変えて作製した磁気抵抗効果素子の特性例を表1に示す。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による磁気記録再生装置の概念図である。

【図2】本発明の磁気記録再生装置の構成図である。

【図3】本発明の磁気抵抗効果素子を用いた薄膜磁気ヘッドの概念図である。

【図4】本発明による磁気抵抗効果素子の、基体面上での構成の概念図である。

【図5】本発明による高感度磁気抵抗効果素子の構成の例を示した図である。

【図6】本発明による磁気抵抗効果素子多層膜の磁性膜の異方性制御の例を示した図である。

【図7】硬磁性膜と反強磁性膜を用いた、本発明の磁気抵抗効果素子の構成の別の例を示した図である。

【図8】NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO膜における磁界と抵抗の関係図である。

【図9】NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO膜の低磁界での磁界と抵抗の関係図である。

【図10】NiO/NiFe/Cu/NiFe/Cu/NiFe/NiO膜の磁界中熱処理後の低磁界での磁界と抵抗の関係図である。

【図11】NiO/NiFe/Cu/NiFe膜の回転磁界中の電気抵抗を示した図である。

【図12】NiO/NiFe/Cu/NiFe膜のCu層の厚さと磁性膜間の結合の強さを表した図である。

【図13】NiFe膜にCoを添加したときの抵抗変化率を表した図である。

【図14】NiO/Co/Cu/Co膜における磁界と抵抗の関係図である。

【図15】Co膜にNi, Feを添加したときの抵抗変化率と保磁力を表した図である。

【図16】NiO/CoNiFe/Cu/NiFe/Cu/CoNiFe/NiO膜における磁界と抵抗の関係図である。

【図17】磁気抵抗効果素子の素子幅/MR幅の比と磁気抵抗曲線のシフト量との関係図である。

【図18】磁気抵抗効果素子のMR高さ/電極間隔の比と磁気抵抗曲線のシフト量との関係図である。

【図19】MR高さと記録トラック密度との関係図である。

【図20】本発明の磁気抵抗効果素子のトラック幅の規

定方法の一例を示した図である。

【図21】本発明の磁気抵抗効果素子に中央部を除去した反強磁性膜を用いた例を示した図である。

【図22】MRヘッドのMR幅と記録ヘッドのギャップ幅との比に対する再生信号の強度を示した図である。

【図23】記録ヘッドを基体上に先に形成し、再生ヘッドを上にもその上に形成した薄膜磁気ヘッドの概念図である。

【図24】本発明によるアナログ/デジタル変換磁気記録再生装置の概念図である。

【図25】本発明によるアナログ/アナログ変換磁気記録再生装置の概念図である。

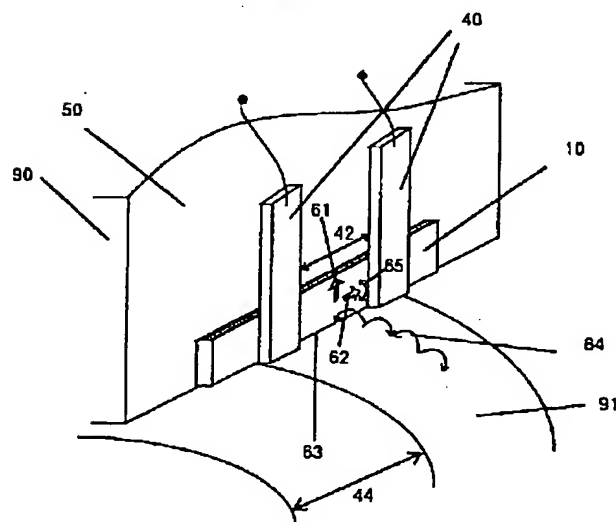
【符号の説明】

10…磁気抵抗効果積層膜、11、12…磁性膜、20

…非磁性導電膜、30…中抜き反強磁性膜、31…上部反強磁性膜、32…下部反強磁性膜、33…硬磁性膜、40…電流端子、41…MR高さ、42…MR幅、43…素子幅、44…トラック幅、50…基体、60…感知すべき磁界の方向、61…磁化の誘導の方向、62…磁化の誘導の方向、63…記録媒体に対抗する面、64…記録媒体からの磁界、65…磁化の回転方向、71、72、73…交換バイアスの方向、81…上部シールド膜、82…下部シールド膜、83…上部磁性膜、84…下部磁性膜、85…コイル導体、90…本発明の磁気抵抗効果素子を搭載した磁気ヘッド、91…記録媒体、92…アクチュエーター、93…スピンドルモーター、94…信号処理回路系。

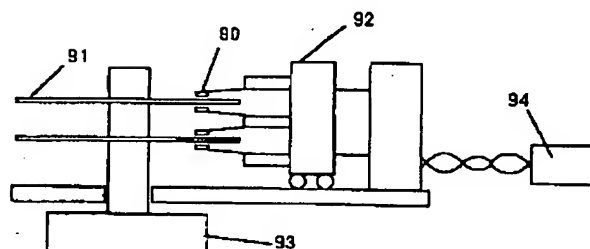
【図1】

図1



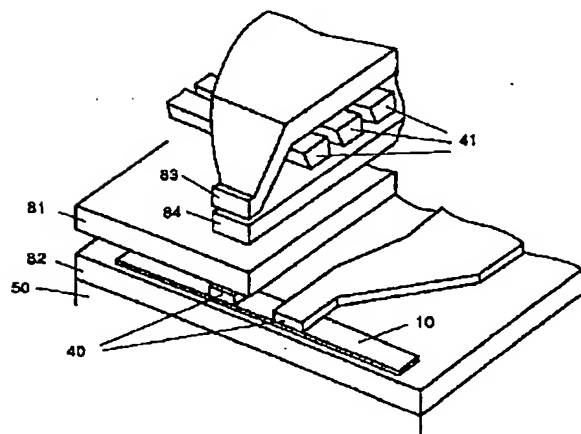
【図2】

図2



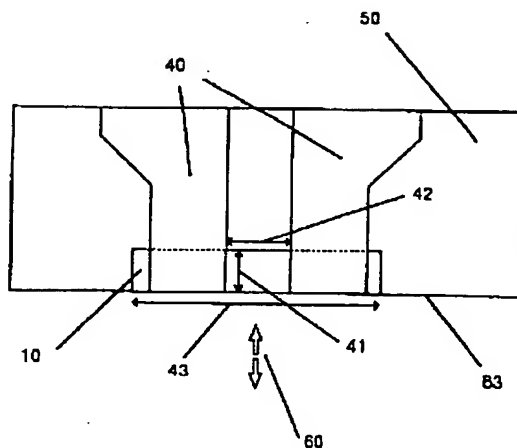
【図3】

図3

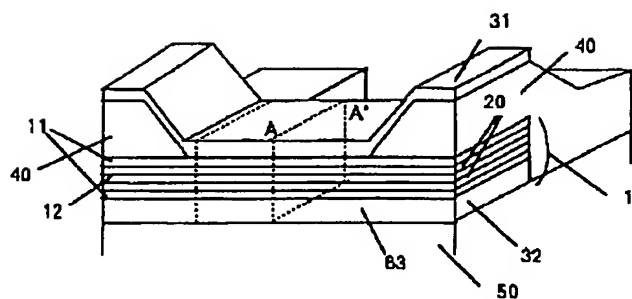


【図4】

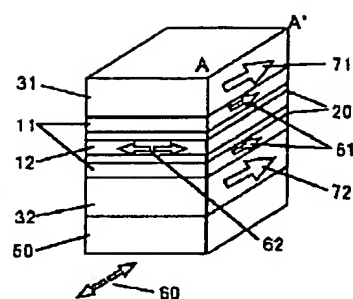
図4



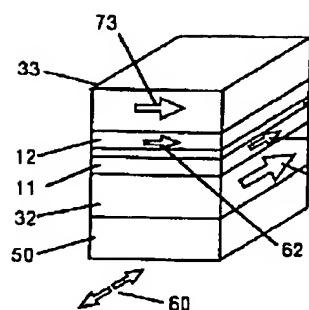
【図5】  
図5



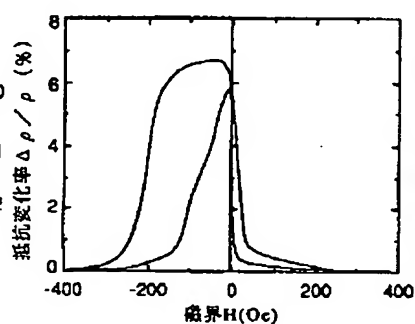
【図6】  
図6



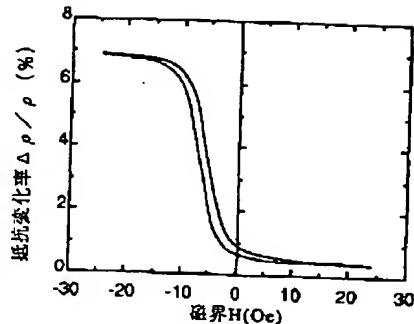
【図7】  
図7



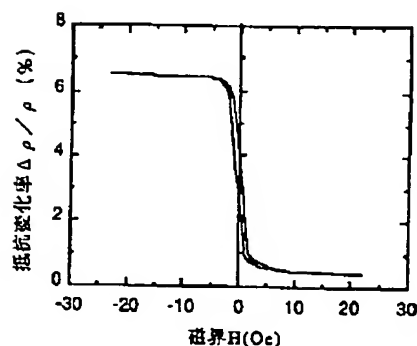
【図8】  
図8



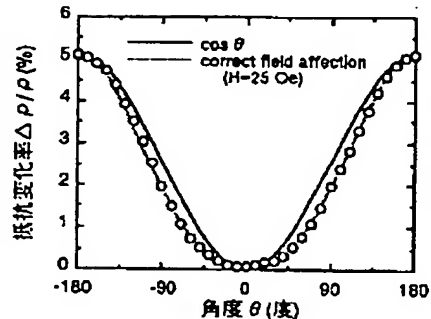
【図9】  
図9



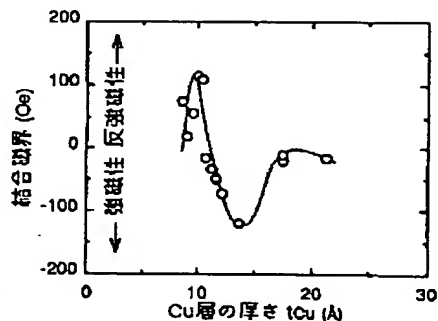
【図10】  
図10



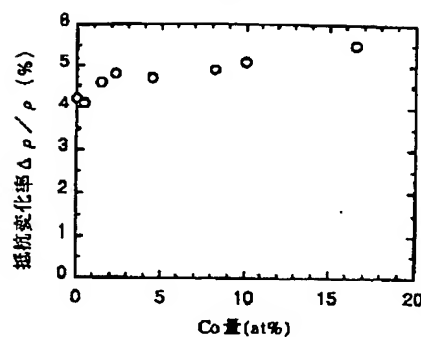
【図11】  
図11



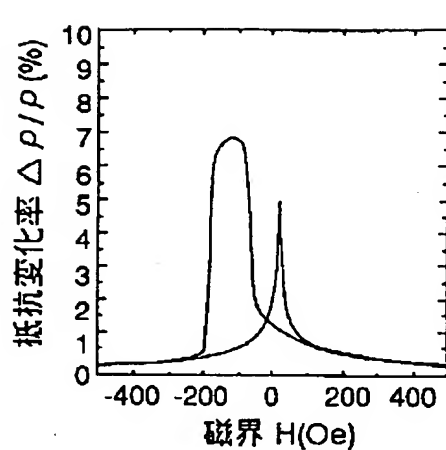
【図12】  
図12



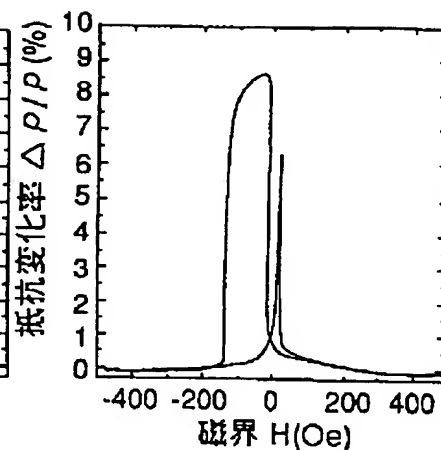
【図13】  
図13



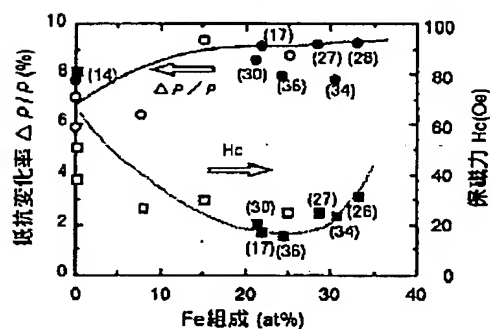
【図14】  
図14



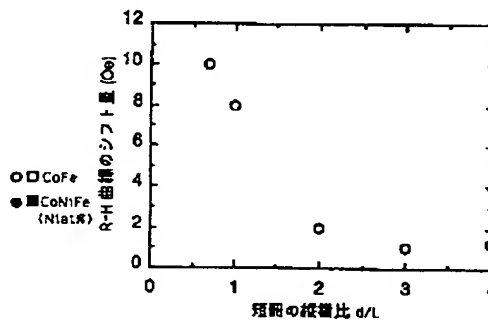
【図16】  
図16



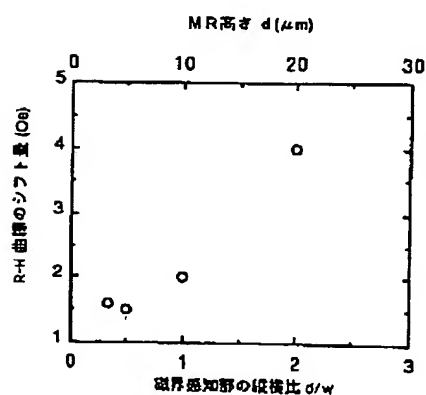
【図15】  
図15



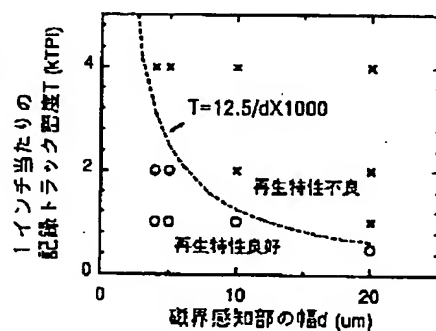
【図17】  
図17



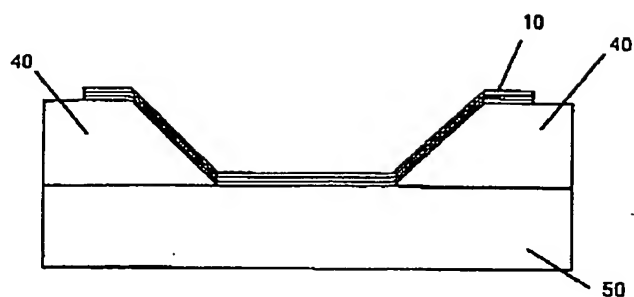
【図18】  
図18



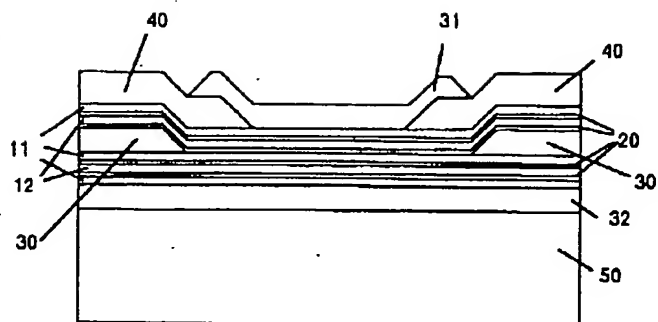
【図19】  
図19



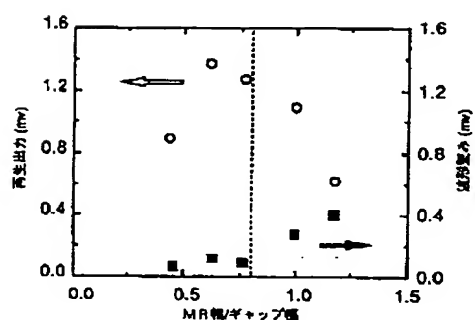
【図20】  
図20



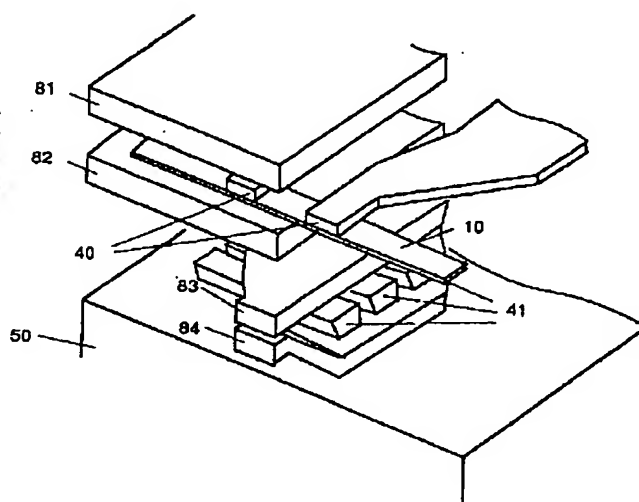
【図21】  
図21



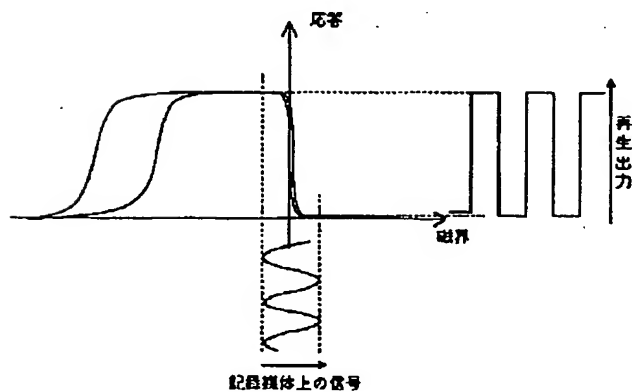
【図22】  
図22



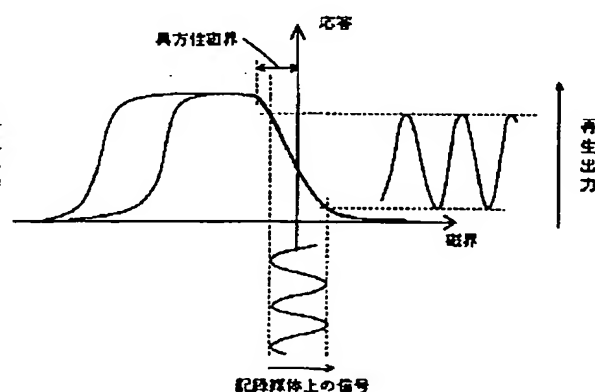
【図23】  
図23



【図24】  
図24



【図25】  
図25



【書誌的事項の続き】

【IPC7】 H01F 10/06;G11B 5/39;H01F 10/32;H01L 43/08

【F1】 H01F 10/06;G11B 5/39;H01F 10/32;H01L 43/08

【識別番号または出願人コード】 000005108

【出願/権利者名】 株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

【発明/考案者名】 星屋 裕之



茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内  
【発明／考案者名】 光岡 勝也  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内  
【発明／考案者名】 佐藤 雅章  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内  
【発明／考案者名】 荒井 礼子  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内  
【発明／考案者名】 添谷 進  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内  
【発明／考案者名】 福井 宏  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内  
【発明／考案者名】 府山 盛明  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内  
【発明／考案者名】 佐藤 文夫  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 株式会社日立製作所内  
【代理人】 作田 康夫(100075096)  
【優先権主張番号】 PH4-92562 平成 4年(1992) 4月13日  
【優先権主張国】 日本(JP)  
【分割の表示】 特願平5-18430  
【出願変更の表示】 特願平5-18430  
【出願形態】 OL

注) 本抄録の書誌的事項は初期登録時のデータで作成されています。